2.1.3 JAXAによる画像解析

JAXA は、東日本大震災以降、「だいち」による緊急観測を継続的に行い、東日本広域及び北海道の解析結果を公開し、内閣府を始めとする防災関係省庁、及び関係する地方自治体等に情報提供を行った。また、国際災害チャータやセンチネルアジアの枠組みを通じて、提供された衛星画像の解析も実施し、関係機関に情報を提供した。

ここでは、災害直後からの JAXA による画像解析結果について述べる。また、海外機関からの協力については、2.1.4 項でも報告する。

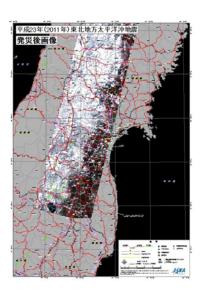
2.1.3.1 被災状況全体像の把握

震災発生直後においては、地上において被災状況を把握することは難しく、広域を観測 することができる衛星観測画像は、被災状況の全体像の把握に有効である。

JAXA は緊急観測により取得されたデータ、及び過去に観測されたアーカイブデータにより被災地画像に地理情報を重畳した衛星地形図の作成や被災地域の被害状況について解析を実施した。図 2.1-1 (左) は、アーカイブデータを利用した災害前の衛星地形図、図 2.1-1 (中) (右) は、3月12日10時25分頃、及び3月14日10時11分頃(日本時間)に緊急観測により取得された災害後の AVNIR-2 の観測画像をモザイクして作成した衛星地形図である。また、図 2.1-2 は、同じく3月14日に AVNIR-2 により取得された被災地の画像全体の様子を示したものである。



発災直後 アーカイブデータを利用して災害 前の情報を提供 (2011/03/11作成・提供)



発災翌日 (2011/03/12) kVNIR-2で東北内陰部を観測。 (2011/03/12作成・提供)



発災3日後 (2011/03/14) AVNIR-2で東北沿岸部を観測。 (2011/03/14作成・提供)

図 2.1-1 震災前後の衛星地形図

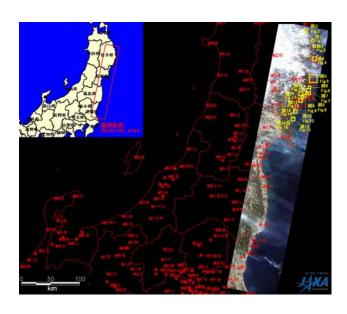


図 2.1-2 3月14日の被災地観測画像全体

2.1.3.2 地域被害解析

発災3日後の3月14日のAVNIR-2による観測では、雲の少ない画像を取得することができ、岩手県、宮城県の被災地域について詳細に確認を行った(図 2.1-2中の黄色枠)。 例えば、図 2.1-3は、地震後の2011年3月14日、及び地震前の2011年3月10日に観測されたAVNIR-2のバンド4,3,2を合成したフォールスカラー画像から、岩手県岩泉町小本付近を拡大したものである。植生(赤色)と雲(白色)が明瞭に区別できるため、地表面の様子をとらえることができ、田畑が冠水している様子(災害後紺色に変化)と河口部分の土砂が流された様子が分かる。

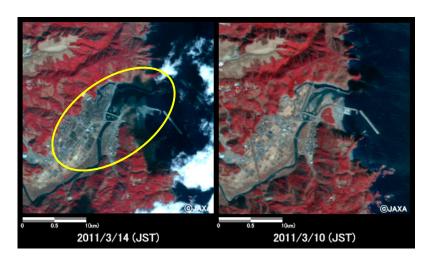


図 2.1-3 岩手県岩泉町小本の冠水の様子(約 3km×3km のエリア) 左: 地震後(2011 年 3 月 14 日)、右: 地震前(2011 年 3 月 10 日))

図 2.1-4 は、茨城県北茨城市付近の発災前後の観測画像を拡大したもので、黄枠内の堤防が決壊している様子が分かる。

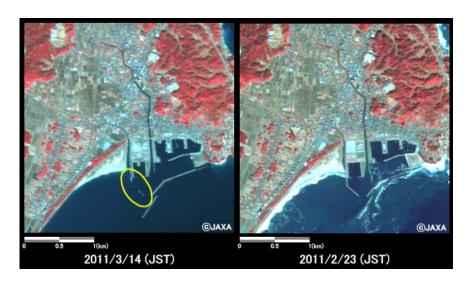


図 2.1-4 茨城県北茨城市付近の様子(約 3km×3km のエリア)

図 2.1-5 は、茨城県鹿行大橋付近を拡大したもので、橋の中央が崩落した鹿行大橋の様子が分かる。(上部は建設中の新橋)



図 2.1-5 茨城県鹿行大橋付近の様子(約 1km×1km のエリア)

図 2.1-6 は、福島県いわき市八幡町付近を拡大したもので、黄枠内で複数の建物が倒壊しているなどの何らかの大きな変化が生じている様子が分かる。

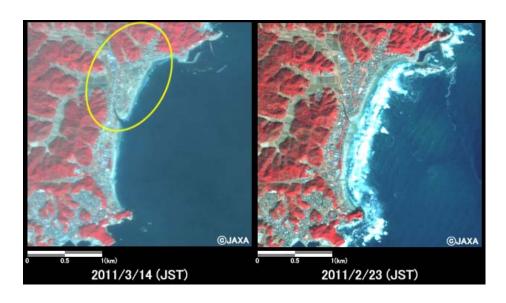


図 2.1-6 福島県いわき市八幡町付近の様子(約 3km×3km のエリア)

また、図 2.1-7~図 2.1-9 は、2011 年 3 月 24 日、2010 年 11 月 6 日に観測された AVNIR-2 と PRISM から作成したパンシャープン画像と、PRISM に数値地表データ(Digital Surface Model: DSM)を付加した画像を組み合わせて作成した、岩手県陸前高田市、及び岩手県上閉伊郡大槌町の地震前後の鳥瞰図である。津波により橋や堤防が損壊し、市街地や植生が広く失われている様子を立体的に見ることができる。

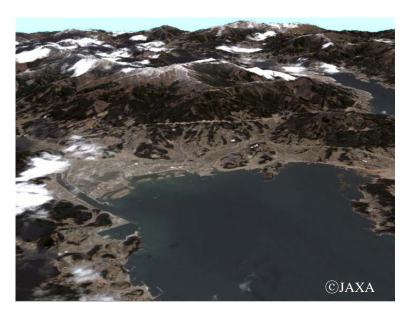


図 2.1-7 岩手県陸前高田市付近の地震後の鳥瞰図 (明るい白色は雲や雪)



図 2.1-8 岩手県陸前高田市付近の地震前の鳥瞰図

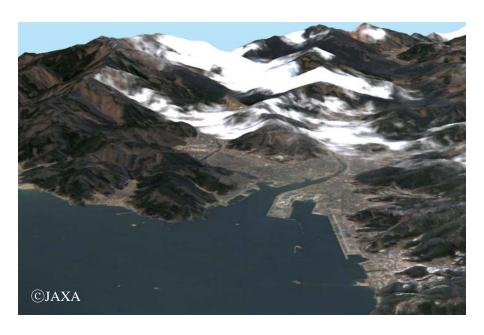


図 2.1-9 岩手県上閉伊郡大槌町付近の地震後の鳥瞰図 (明るい白色は雲や雪)

2.1.3.3 土砂崩れ

図 2.1-10 は、地震後の 2011 年 3 月 29 日 (図左)、及び地震前の 2011 年 2 月 27 日 (図中央)、2008 年 12 月 4 日 (図左) に観測された AVNIR-2 画像から、栃木県那珂川町押野地区付近を拡大したものである。黄枠内で示した箇所では土砂崩れで植生が失われ、さらに北側にある建物に土砂が迫っている様子が分かる。

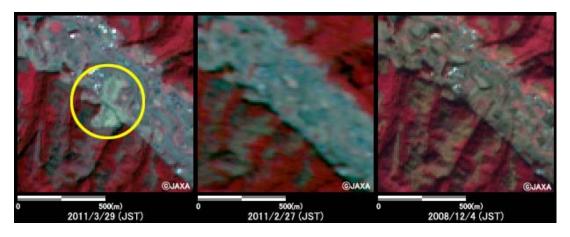


図 2.1-10 栃木県那珂川町押野地区付近の様子(約 1km×1km のエリア)

図 2.1-11 は、地震後の 2011 年 3 月 29 日、2011 年 3 月 12 日、及び地震前の 2008 年 12 月 4 日に AVNIR-2 で観測された画像から、福島県須賀川市にある藤沼湖周辺を拡大したものである。3 月 12 日の画像中の黄枠で示した箇所で湖が決壊し、湖水が川に沿って下流にある滝地区や長沼地区に流れ込んでいる様子が分かる。また、湖に水があまり残っていないことも分かる。

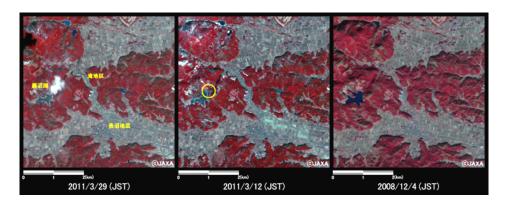


図 2.1-11 福島県須賀川市藤沼湖周辺の様子(約 5km×5km のエリア)

左図: 地震後 2011 年 3 月 29 日、中央図: 地震後 2011 年 3 月 12 日、右図: 地震前 2008 年 12 月 4 日

4月11日17時17分に福島県浜通りで発生したマグニチュード7.1、及び6.0の余震により、いわき市を中心に各地で土砂崩れが発生した。図 2.1-12 は、余震後の2011年4月12日と余震前の2011年4月10日に観測された画像から、常磐道のいわき勿来ICといわき湯元ICの間で土砂崩れが起きたと思われる箇所を拡大したものである。4月12日の画像中の黄枠内で示した箇所を見ると、土砂崩れにより高速道路上に土砂が流出している様子を確認できる。

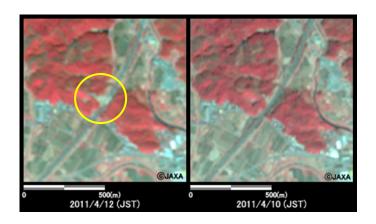


図 2.1-12 福島県いわき市内の常磐道の様子(約 1km×1km のエリア)

左図: 余震後 2011 年 4 月 12 日、右図: 余震前 2011 年 4 月 10 日

2.1.3.4 海上流出がれき

図 2.1-13 は、地震後の 2011 年 3 月 14 日、及び地震前の 2011 年 2 月 27 日に AVNIR-2 で 観測された画像から、岩手県陸前高田市油崎付近を拡大したもので、湾に押し寄せた大量の漂流物の様子と平野部の冠水が識別できる。

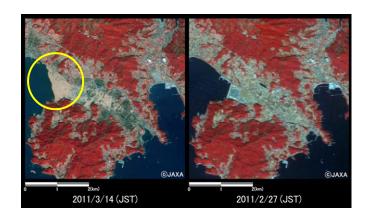


図 2.1-13 岩手県陸前高田市油崎付近の様子(約 5km×5km のエリア)

左: 地震後(2011年3月14日)、右: 地震前(2011年2月27日)

図 2.1-14 に、PALSAR によって 3 月 13 日に観測された仙台湾周辺の観測画像を示す。緑色円内は検出された漂流物で、画像内で約 30 個の目標を認識できていることがわかる。なお海上には他にも縦方向に伸びる白い線状が多数確認されるが、これは暗い海面に明るい陸域が写り込むアンビギュイティという現象である。

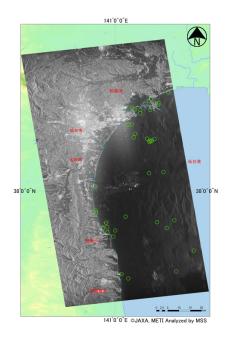


図 2.1-14 PALSAR 観測による洋上流出がれき(仙台湾周辺) (2011 年 3 月 13 日 22 時 11 分頃)

2.1.3.5 冠水・湛水

広範囲に渡って被害をもたらした津波の冠水域を把握するために、衛星による観測は有効な手段である。図 2.1-15 は、3 月 14 日の AVNIR-2 による観測画像と、発災前の 2 月 23 日の観測画像について福島県相馬市小高区付近を拡大したものである。植生(赤色)域を明瞭に視認できるが、田畑が広域にわたり冠水している様子(災害後紺色に変化)として見ることができる。

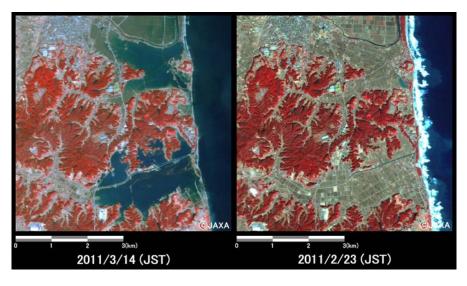


図 2.1-15 福島県南相馬市小高区付近の冠水の様子(約 6km×6km のエリア)

また、PALSAR による観測でも冠水域の識別が可能である。これは図 2.1-16 に示すよう に、冠水時には衛星からの信号が水面でほぼ全反射し、衛星方向に反射が少なくなるため に画像は暗くなること (左図)、そして水が引いた後は地表面や畦道等地表面上の凹凸によって衛星方向に反射する信号が増えて明るくなる特性 (右図) を利用する。

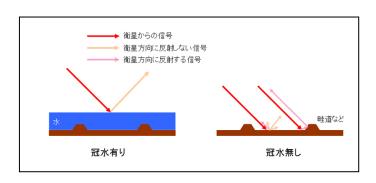


図 2.1-16 冠水有無による信号反射の違い

この特性を利用し、赤に 2011 年 4 月 2 日観測 (入射角 41.4 度) 緑・青に 2011 年 3 月 16 日観測 (入射角 43.4 度) の画像をそれぞれ割り当てた PALSAR 疑似カラー画像を図 2.1-17 に示す。下北半島から千葉県の太平洋沿岸の変化が見えるように重ね合わせている。

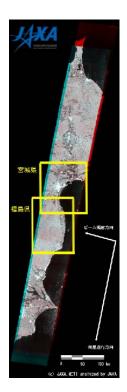
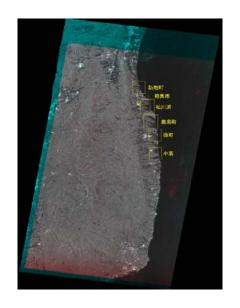


図 2.1-17 PALSAR 疑似カラー画像

(R:4月2日観測 入射角41.4度、GB:3月16日観測 入射角43.4度)

図 2.1-17 の疑似カラー画像に使用した二枚の画像は、入射角が異なるが両者が比較できるように地形補正している。図 2.1-17 のうち、特に宮城県と福島県の沿岸部をそれぞれ拡大したものを図 2.1-18 に示す。



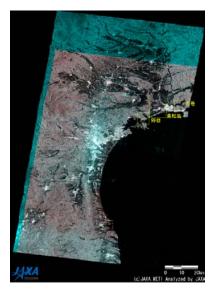


図 2.1-18 福島県、宮城県沿岸部の拡大図

(左)福島県沿岸部 (右)宮城県沿岸部

図 2.1-18 で、3 月 16 日観測データと 4 月 2 日観測データの間で変化が見られるところの うち、石巻周辺を更に拡大したものを図 2.1-19 に示す。疑似カラー画像は、直後の 3 月 16 日画像が明るい(反射が多い)場合は青く、4 月 2 日の画像が明るい場合(反射が多い)は 赤く見える。

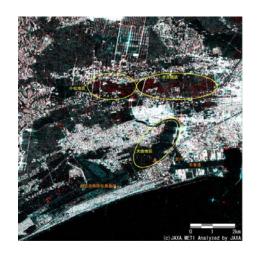


図 2.1-19 石巻周辺拡大図

津波により真野川流域の大瓜地区、根岸地区、高木地区の水田は冠水によって暗く映っているが、4月画像ではどの地区も明るくなっている。これは水が引いて地表面が出てきたため、反射があったためと考えられる。

また、AVNIR-2及びPALSARを用いて、被災地域の堪水域抽出を行った。

震災前後の AVNIR-2 画像を用いて、県単位に集計した湛水域面積を表 2.1-4 に示す。被 雲のため使用出来ない、もしくは湛水域がない箇所は、「0」となっている。中央省庁等に 提供したものは、市区町村単位の抽出結果である。一例として、福島県相馬市から南相馬 市周辺の湛水域抽出結果画像を図 2.1-20 に示す。発災後の 3 月 14 日では、海岸部が広域に 湛水しているが、時間の経過と共に水が引いているのが分かる。同様の解析は PALSAR 画 像でも実施した(2.1.7.2 項の PASLSAR 画像解結果を参照)。

岩手県 2.74 1.96 1.10 1.03 0.75 0.69 宮城県 109.09 64.68 22.28 14.21 7.61 4.28		湛水面積[km²]						
岩手県 2.74 1.96 1.10 1.03 0.75 0.69 宮城県 109.09 64.68 22.28 14.21 7.61 4.28	県名	3月14日時点	3月19日時点	4月5日時点	4月12日時点	4月17日時点	4月20日時点	
宮城県 109.09 64.68 22.28 14.21 7.61 4.28		3月14日観測	3月19日観測	4月5日観測	4月12日観測	4月17日観測	4月18日観測	4月20日観測
	岩手県	2.74	1.96	1.10	1.03	0.75	0.69	0
福島県 25.90 21.52 13.94 11.03 5.85 0	宮城県	109.09	64.68	22.28	14.21	7.61	4.28	0
	福島県	25.90	21.52	13.94	11.03	5.85	0	0.09
茨城県 2.62 0.05 0.10 0.09 0.04 0	茨城県	2.62	0.05	0.10	0.09	0.04	0	0.02
千葉県 1.07 0.16 0.02 0 0 0	千葉県	1.07	0.16	0.02	0	0	0	0.00

表 2.1-4 AVNIR-2 による県単位の湛水域面積

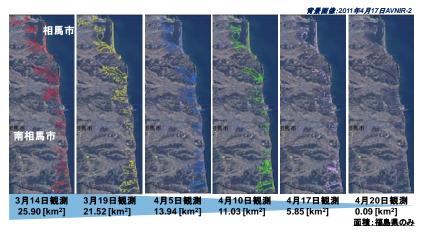


図 2.1-20 福島県相馬市から南相馬市の AVNIR-2 による湛水域抽出結果

2.1.3.6 地殼変動

(a) 地殻変動の検出

地震後の2011年4月18日、及び地震前の2011年3月3日に観測された、同じ軌道から取得した画像を比較し、東日本大震災に伴った地殻変動を検出するため、差分干渉解析 (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar: DInSAR 解析) を実施した。

また、2011 年 4 月 11 日に福島県浜通りで発生した M7.0 の地震によると思われる地殻変動の検出も実施した。

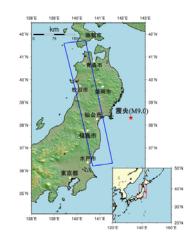
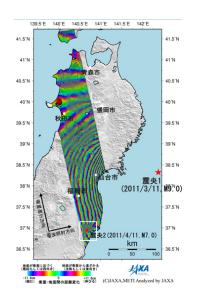


図 2.1-21 地殻変動の検出を実施した PALSAR 観測範囲

数値標高データは SRTM3 を使用。赤い星印は東日本大震災の震央位置を示す

図 2.1-22 左は、地震前 (3月3日) と地震後 (4月18日) の PALSAR データから得られた差分干渉画像(地殻変動図)で、図 2.1-22 右は、地震後に観測された PALSAR 画像である。図左の差分干渉画像中、ほぼ全体に多くの干渉縞(虹色の縞模様)が確認できる。これは広範囲に渡って地殻変動があったことを示しており、今回の地震が非常に規模の大きなものであったことが分かる。また、震央に近い仙台市周辺の沿岸部では、少なくとも 2.6 m程度で衛星から遠ざかる(東方向へのずれを含む)方向で地殻変動があったことが分かる。



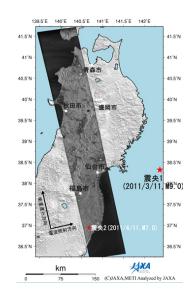


図 2.1-22 PALSAR 差分干渉解析による地殻変動抽出

(左)PALSAR 差分干渉画像(地殼変動図)。白枠は図 2.1-23 で示す範囲を示す。 (右)地震後に観測され PALSAR 画像。震央 1 は東日本大震災(M9.0)の震央を、震央 2 は 2011 年 4 月 11 日福島県浜通り地震(M7.0)の震央を示す(震央 2 は気象庁発表資料を参照)。 図 2.1-23 では、周囲の干渉縞のパターンとは明らかに異なる局所的な干渉縞が確認できる。これは、4月11日に発生した M7.0 福島県浜通り地震による地殻変動を表していると思われ、この地震により震央周辺で 2m以上の地殻変動があったと思われる。

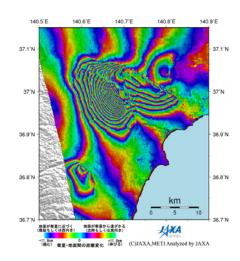


図 2.1-23 PALSAR 差分干渉画像(地殻変動図)の拡大図(図 2.1-22 左中白枠内)

2.1.3.7 液状化

図 2.1-24 は、地震後の 2011 年 3 月 17 日 (図左) と地震前の 2011 年 2 月 23 日 (図右) に観測された AVNIR-2 画像から京葉線海浜幕張駅付近を拡大したものである。黄枠内で示した部分は地震後に灰色に見え、液状化により噴出した地中の水分を含んだ砂などが、地表を覆っていると考えられる。図 2.1-25 に、2011 年 3 月 18 日に撮影した現地の写真を参考に示す。



図 2.1-24 千葉県幕張海浜公園の様子(約 3km×3km のエリア)



図 2.1-25 幕張海浜公園の液状化の様子(3月18日撮影)

また、国際災害チャータの枠組みを通じて提供された、米国の WorldView-2 が 3 月 17 日 10 時 57 分(日本時間) に観測された幕張本郷駅~幕張駅の海岸付近の高分解能光学観測画像から、液状化した地域を判読した結果を図 2.1-26 に示す。



図 2.1-26 幕張本郷駅~幕張駅周辺の液状化の様子 (左) 観測全体画像 (右) 一部拡大画像

2.1.3.8 火災

図 2.1-27 は、地震後の 2011 年 3 月 17 日 (図左) と地震前の 2011 年 2 月 23 日 (図右) に観測された AVNIR-2 画像から千葉県市原市にある石油製油所付近を拡大したものである。

当該個所は地震後に火災が起きた場所であるが、黄枠内で示した場所が地震後黒く変色しており、火災の跡であることが分かる。

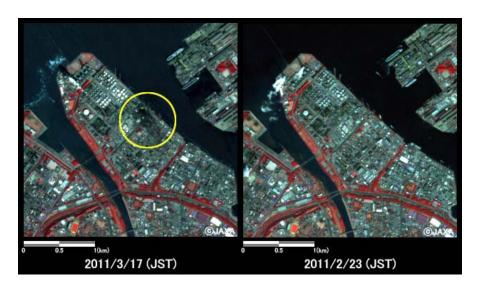


図 2.1-27 千葉県市原市の石油製油所の様子(約 3km×3km のエリア)

また、センチネルアジアの枠組みを通じて提供された、Formosat-2 が 3 月 13 日に観測された火災が発生した石油精製所の観測画像を用いて作成した衛星地形図を図 2.1-28 に示す



図 2.1-28 千葉県市原市の石油製油所の観測画像から作成した衛星地形図